

UNTERSUCHUNGEN
ÜBER DIE DICKENVARIATION
DER KÖRPERTEILE ALS GRUNDLAGE
FÜR DIE BELICHTUNG
TYPISCHER RÖNTGENAUFNAHMEN

von

HANNES SEILER

1961

Aus Institut und Poliklinik für Physikalische
Therapie und Röntgenologie der Universität München

- Rieder-Institut -

Direktor: Professor Dr. H.v. Braunbehrens

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE DICKENVARIATION DER KÖRPERTEILE
ALS GRUNDLAGE FÜR DIE BELICHTUNG TYPISCHER RÖNTGENAUF-
NAHMEN

Inaugural - Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfaßt und einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Hannes Seiler

aus München

1961



Mit der Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Referent: Priv. Doz. Dr. F.E. Stieve
Korreferent: Prof. Dr. H. v. Braunbehrens
Dekan: Prof. Dr. Dr. H. Eyer

Tag der mündlichen Prüfung: 25. Juli 1961

Inhaltsverzeichnis

I. Einleitung	1
II. Leben und Wirksamkeit des Schriftstellers	2
III. Angaben zum Textverlauf im Druckwerk	3
1. Allgemeine	3
2. Angaben zu den gedruckten Ausgaben	3
3. Angaben zu den handschriftlichen Vorarbeiten	3
IV. Textausstellung	4
1. Textausstellung des Textes	4
2. Textausstellung des Textes	4
3. Textausstellung des Textes	4
4. Textausstellung des Textes	4
5. Textausstellung des Textes	4
6. Textausstellung des Textes	4
7. Textausstellung des Textes	4
8. Textausstellung des Textes	4
9. Textausstellung des Textes	4
10. Textausstellung des Textes	4
11. Textausstellung des Textes	4
12. Textausstellung des Textes	4
13. Textausstellung des Textes	4
14. Textausstellung des Textes	4
15. Textausstellung des Textes	4
16. Textausstellung des Textes	4
17. Textausstellung des Textes	4
18. Textausstellung des Textes	4
19. Textausstellung des Textes	4
20. Textausstellung des Textes	4
21. Textausstellung des Textes	4
22. Textausstellung des Textes	4
23. Textausstellung des Textes	4
24. Textausstellung des Textes	4
25. Textausstellung des Textes	4
26. Textausstellung des Textes	4
27. Textausstellung des Textes	4
28. Textausstellung des Textes	4
29. Textausstellung des Textes	4
30. Textausstellung des Textes	4
31. Textausstellung des Textes	4
32. Textausstellung des Textes	4
33. Textausstellung des Textes	4
34. Textausstellung des Textes	4
35. Textausstellung des Textes	4
36. Textausstellung des Textes	4
37. Textausstellung des Textes	4
38. Textausstellung des Textes	4
39. Textausstellung des Textes	4
40. Textausstellung des Textes	4
41. Textausstellung des Textes	4
42. Textausstellung des Textes	4
43. Textausstellung des Textes	4
44. Textausstellung des Textes	4
45. Textausstellung des Textes	4
46. Textausstellung des Textes	4
47. Textausstellung des Textes	4
48. Textausstellung des Textes	4
49. Textausstellung des Textes	4
50. Textausstellung des Textes	4
51. Textausstellung des Textes	4
52. Textausstellung des Textes	4
53. Textausstellung des Textes	4
54. Textausstellung des Textes	4
55. Textausstellung des Textes	4
56. Textausstellung des Textes	4
57. Textausstellung des Textes	4
58. Textausstellung des Textes	4
59. Textausstellung des Textes	4
60. Textausstellung des Textes	4
61. Textausstellung des Textes	4
62. Textausstellung des Textes	4
63. Textausstellung des Textes	4
64. Textausstellung des Textes	4
65. Textausstellung des Textes	4
66. Textausstellung des Textes	4
67. Textausstellung des Textes	4
68. Textausstellung des Textes	4
69. Textausstellung des Textes	4
70. Textausstellung des Textes	4
71. Textausstellung des Textes	4
72. Textausstellung des Textes	4
73. Textausstellung des Textes	4
74. Textausstellung des Textes	4
75. Textausstellung des Textes	4
76. Textausstellung des Textes	4
77. Textausstellung des Textes	4
78. Textausstellung des Textes	4
79. Textausstellung des Textes	4
80. Textausstellung des Textes	4
81. Textausstellung des Textes	4
82. Textausstellung des Textes	4
83. Textausstellung des Textes	4
84. Textausstellung des Textes	4
85. Textausstellung des Textes	4
86. Textausstellung des Textes	4
87. Textausstellung des Textes	4
88. Textausstellung des Textes	4
89. Textausstellung des Textes	4
90. Textausstellung des Textes	4
91. Textausstellung des Textes	4
92. Textausstellung des Textes	4
93. Textausstellung des Textes	4
94. Textausstellung des Textes	4
95. Textausstellung des Textes	4
96. Textausstellung des Textes	4
97. Textausstellung des Textes	4
98. Textausstellung des Textes	4
99. Textausstellung des Textes	4
100. Textausstellung des Textes	4



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Inhaltsübersicht

	Seite
I. Einleitung	1
II. Wesen und Grundlage einer Belichtungstabelle	2
III. Angaben von Organgrößen im Schrifttum	13
1. Allgemein	13
2. Angaben in Röntgenbelichtungstabellen	14
3. Vergleich der in den einzelnen Belichtungstabellen gefundenen Werte	15
IV. Experimenteller Teil	17
1. Angaben über die Messungen	17
2. Angaben über die statistischen Berechnungen	18
V. Der untersuchte Personenkreis	22
VI. Ergebnisse der Messungen und der statistischen Berechnungen	24
1. Besteht eine Abhängigkeit der Maßgröße vom Alter?	24
2. Besteht eine Abhängigkeit der Maßgröße vom Geschlecht?	25
3. Besteht ein Unterschied zwischen der am Institut erhobenen Stichprobe und Werten, die außerhalb gefunden werden konnten?	35
VII. Besprechung der Ergebnisse	37
VIII. Aufstellung von neuen Normalwerten	42
IX. Folgerung	43
X. Zusammenfassung	44
Schrifttum	47
Lebenslauf	49

I. Einleitung

In der Medizin nimmt die Röntgenologie heute einen hervorragenden Platz ein. Sie beschränkt sich dabei nicht auf ein bestimmtes Fachgebiet, sondern hat in zunehmendem Maß in allen Bereichen ärztlichen Schaffens ihren Wert erwiesen. Um gute Diagnostik betreiben zu können, ist das Röntgenbild neben Anamnese und klinischem Befund meist unentbehrlich, oft sogar, denkt man nur an die Unfallchirurgie oder die Diagnose von Tumoren, ausschlaggebend. Diese Feststellung gilt uneingeschränkt jedoch nur für das gute Röntgenbild.

Maßgebend für die Güte eines Röntgenbildes sind Kontrast und Schärfe. Sie sind von einer Reihe technischer Faktoren wie Strahlenqualität, Fokusgröße, Zeichenschärfe des photographischen Materials usw. abhängig, die schon häufig Gegenstand experimenteller Untersuchungen waren (BRONKHORST, PRANKE, JERMANN u.a.). Für die Praxis ist unter bestimmten gegebenen technischen Verhältnissen vor allem die richtige Belichtung für Güte und diagnostischen Wert des Röntgenbildes ausschlaggebend. Dies gilt sowohl im Hinblick auf eine optimale Schwärzung des Röntgenbildes wie auch auf eine dem aufzunehmenden Organ angepaßte Belichtungszeit, insbesondere, wenn es sich um Organe mit unwillkürlichen Eigenbewegungen handelt, die eine möglichst kurze Belichtungszeit erfordern. Diese richtige Belichtung zu finden, ist bei der Röntgenphotographie wichtiger und schwieriger als in der normalen Schwarzweißphotographie. Einmal wird das Röntgenbild direkt als Negativbild betrachtet, das kaum einer Korrektur zugänglich ist, zumindest nicht ohne Qualitätseinbuße, zum andern ist sein Belichtungsspielraum viel geringer als in der üblichen Photographie. Die Gradation des Röntgenfilms ist nämlich wesentlich steiler, d.h. der Röntgenfilm gibt Helligkeitsdifferenzen durch viel größere Schwärzungsunterschiede wieder als der übliche photographische Film, so daß geringe Fehlbelichtungen schon zu ungenügenden Bildern führen. Diese steile Gradation ist jedoch erforderlich, weil die Objektkontraste in der Röntgenphotographie um vieles geringer sind als die Helligkeitsunterschiede in der normalen Lichtphotographie.

II. Wesen und Grundlage einer Belichtungstabelle

Ausgangspunkt aller Überlegungen, wie die richtige Belichtung einer Röntgenaufnahme erreicht werden kann, ist die von Franke etwa folgendermaßen formulierte Tatsache: Jedes Röntgenbild besitzt eine Zone - den bildwichtigen Teil - deren optimales Gelingen für den Gesamtwert des Bildes ausschlaggebend ist. Diese Zone weist, unabhängig vom jeweiligen Aufnahmeobjekt, stets die gleiche mittlere Schwärzung auf, die bei gleichem photographischem Material von der stets gleichen mittleren Dosis (= Röntgenstrahlenmenge) am Film erreicht wird, deren Absoluthöhe nur von der Empfindlichkeit des verwendeten photographischen Materials bestimmt wird. Mit anderen Worten: Zur richtigen Belichtung einer Röntgenaufnahme ist die einfallende Röntgenstrahlenmenge (= Einfallsdosis) so zu bemessen, daß nach Durchgang durch das Objekt am Film stets noch die gleiche, dem verwendeten Filmmaterial entsprechende, Röntgenstrahlenmenge vorhanden ist.

Die Faktoren, die zur Erfüllung dieser Forderung berücksichtigt werden müssen, sind im wesentlichen folgende:

1. Umfang und Aufbau des aufzunehmenden Objekts:

Beim Durchgang durch Materie erfahren Röntgenstrahlen eine Schwächung durch Absorption und Streuung. Das Ausmaß der Schwächung ist dabei abhängig von der Dicke und Dichte des zu durchdringenden Stoffes sowie von der Stellung seiner Elemente im periodischen System, d.h. sie ist um so größer, je dicker und dichter ein Stoff ist und je höher das Atomgewicht seiner Elemente. Auf diesen Unterschieden innerhalb des Objekts beruht dessen röntgenologische Darstellbarkeit. Die resultierende mittlere Gesamtschwächung bestimmt bei gegebener Filmdosis die erforderliche Strahlenmenge auf der Strahleneintrittsseite des Objekts, die Einfallsdosis.

2. Abstand des Röhrenfokus vom Objekt bzw. der Bildebene:

Die Höhe der Einfallsdosis ist unter konstanten elektrischen Bedingungen vom Abstand zwischen Strahlenquelle und Einfallsort abhängig. Da die Strahlenquelle, der sogenannte Röhrenfokus, sehr

klein ist (im allgemeinen $1,2 \times 1,2$ oder $2 \times 2 \text{ mm}^2$), unterliegt die Intensitätsabnahme der Röntgenstrahlen durch den Abstand demselben Gesetz wie die Intensitätsabnahme des Lichts, das von einer punktförmigen Lichtquelle ausgeht: die Intensität verringert sich im Quadrat der Entfernung.

Analoges gilt für den Abstand Fokus-Filmebene, der im allgemeinen in der Röntgenphotographie angegeben wird.

3. Röhrenstromstärke und Belichtungszeit:

Bei konstanter Aufnahmespannung wird die verabfolgte Dosis von der Stärke des Röhrenstromes und der Schaltzeit bestimmt. Sie ist beiden direkt proportional. Für die Röntgenphotographie bedeutet dies, daß z.B. eine Verdoppelung der Stromstärke eine Verringerung der Belichtungszeit auf die Hälfte erlaubt. Infolge dieser absolut konstanten Beziehungen wird heute die Belichtung - von Kleinröntgenapparaten, die mit nur einer Stromstärke betrieben werden können, abgesehen - nicht mehr in Stromstärke und Zeit, sondern als Produkt beider in Milliampèresekunden (mAs) angegeben. Nun sind diese beiden Faktoren aber an keiner Röntgenanlage in ein vollkommen willkürliches Verhältnis zu bringen, denn die Belastbarkeit einer Röntgenröhre ist begrenzt auf eine bestimmte Kilowattzahl pro Sekunde bzw. bei den modernen Röhren pro $1/10$ Sekunde. Infolgedessen kann bei einer bestimmten Aufnahmespannung eine bestimmte Stromstärke nur über einen durch die Röhrenbelastbarkeit begrenzten Zeitraum beibehalten werden. Um eine Überbelastung der Röhre zu vermeiden, gibt es deshalb Röhrennomogramme, aus denen abzulesen ist, welche Röhrenstromstärke bei einer bestimmten Spannung für ein benötigtes mAs-Produkt im Höchstfall verwendet werden darf. Dieser etwas umständlichen und von der Aufmerksamkeit des Bedienungspersonals abhängigen Schutzmaßnahme tragen die modernen Röntgenapparate dadurch Rechnung, daß der Apparat bei einer Einstellung, die ein Überschreiten der Grenzelastung bedeutet, blockiert wird, sofern außer dem mAs-Produkt auch die Stromstärke frei wählbar ist, oder daß bei Einstellen des gewünschten mAs-Produktes automatisch die entsprechende höchstmögliche Stromstärke (abzüglich eines gewissen Sicherheitsfaktors für momentane Stromschwankungen) ein-

gestellt ist. Diese letztere Methode erscheint zwar für den durchschnittlichen Routinebetrieb die einfachste, ihre Zweckmäßigkeit wird jedoch nicht allgemein anerkannt, da es einige Aufnahmearten gibt, die eine Belichtungszeit von bestimmter Länge erfordern. Außerdem wird häufig die Meinung vertreten, daß eine ständige Grenzbelastung der Röhre auch bei Aufnahmen, bei denen eine kürzest mögliche Aufnahmezeit nicht erforderlich ist, wie z.B. bei denen der Extremitäten, die Röhren einem stärkeren Verschleiß unterliegen.

4. Strahlenhärte:

Unter Strahlenhärte versteht man streng genommen die Strahlenqualität, die durch die Erzeugerspannung und die Vorfilterung bestimmt wird, die im allgemeinen in Halbwertschichten und Homogenitätsgrad angegeben wird, wobei unter Halbwertschicht diejenige Dicke eines Stoffes in mm oder cm verstanden wird, die die durchfallenden Strahlen auf die Hälfte ihrer Intensität schwächt, z.B. HWS 0,5 mm Cu. Da man in der Röntgendiagnostik jedoch meist mit nur einer Vorfilterung arbeitet, wird sie häufig nur durch Angabe der Erzeugerspannung in Kilovolt (kV) ausgedrückt. Sie bestimmt einmal den Kontrast des Röntgenbildes, zum anderen beeinflusst sie auch die Dosis und damit die Belichtungszeit. Je höher die Spannung gewählt wird, desto kurzwelliger und damit durchdringungsfähiger - härter - werden die Röntgenstrahlen. Damit verringert sich der Schwächungsunterschied zwischen den verschiedenen Objektelementen (Knochen, Weichteile, Luft) - die Aufnahme wird kontrastärmer - und entsprechend verringert sich auch die Gesamtschwächung durch das Objekt. Deshalb muß bei härterer Strahlung eine geringere Einfallsdosis zur Erzielung der gleichen Filmdosis aufgewendet werden als bei weicherer Strahlung, d.h. die Belichtungszeit bzw. das mAs-Produkt verkürzt sich, je höher die Aufnahmespannung gewählt wird. Allerdings besteht kein einfaches und konstantes Verhältnis zwischen Erhöhung der Spannung und Verkürzung der Belichtungszeit. Der Einfluß der Spannung auf die Filmdosis wird vielfach durch die Hondius-Boldingsche Regel ausgedrückt:

$$J = Q \cdot U^p$$

wobei J die Strahlenmenge hinter dem Objekt, also die Austrittsdosis bedeutet, Q das Produkt aus Stromstärke und Zeit und der Exponent p eine Zahl, die meist mit 5 angegeben wird. Dieser Wert 5 gilt aber streng nur für einen bestimmten Spannungsbereich. Bei den niedrigeren Spannungen liegt er bei 4 und erreicht 5 erst bei verhältnismäßig hohen Spannungen. Für die Praxis gibt diese Formel aber hinreichend genaue Anhaltspunkte.

In diesem Zusammenhang soll noch erwähnt werden, daß bei Röntgenaufnahmen die Bezeichnung hart oder weich sich auf die Strahlenqualität bezieht, mit der sie angefertigt wurde. Entsprechend dem oben Gesagten ist also hier die Bezeichnung umgekehrt wie in der normalen Photographie.

5. Filter und Streustrahlenraster:

Die von der Röntgenröhre ausgehende Strahlung ist nie eine homogene Strahlung, d.h. von einheitlicher Wellenlänge, sondern stets ein Strahlungsgemisch, dessen Grenzwellenlänge durch die Erzeugerspannung bestimmt wird. In jedem Falle enthält es eine Anzahl langwelliger, sogenannter weicher Strahlen, die in den obersten Körperpartien völlig absorbiert werden und somit nicht zum Bildaufbau beitragen, dagegen unnötig die Haut belasten und u.U. dadurch die Zahl der röntgendiagnostischen Maßnahmen begrenzen. Um sie auszuschalten, werden an der Röntgenröhre Filter angebracht, die etwa 1 bis 4 mm Aluminiumgleichwert haben. Darüber hinaus können für Aufnahmen mit hohen Spannungen noch Zusatzfilter aus Kupfer angebracht werden. Insgesamt sollte die Filterung in der Röntgendiagnostik 4 mm Aluminium nicht übersteigen, da mit einer höheren Filterung lediglich eine Intensitätsabnahme, aber keine weitere Aufhärtung der Strahlung mehr erfolgt. Für die Praxis bedeutet dies: die Filterung darf nur so stark sein, daß bei gleichem mAs -Produkt zwar die Einfallsdosis weitestmöglich verringert wird, nicht aber die Austrittsdosis, d.h. daß die Vorfilterung den einzustellenden Belichtungswert nicht beeinflussen soll.

Streustrahlenraster, sogenannte Sekundärstrahlenblenden, dienen dazu, die im Objekt durch die Strahlenschwächung entstandenen Streustrahlen zu beseitigen, unter denen der Bildkontrast und die

Deteilerkennbarkeit leiden und werden heute bei der Mehrzahl der Aufnahmen verwendet. Sie bestehen aus einer Vielzahl feiner Bleilamellen, die nach Art bzw. Verwendungszweck des Rasters parallel oder in Richtung des einfallenden Primärstrahlenbündels (sog. fokussierte Raster) angeordnet sind und dementsprechende Zwischenräume - Schächte - aufweisen. Um ihre Abbildung zu verhindern, werden sie meist während der Aufnahme senkrecht zur Lamellenlängsrichtung bewegt. Ihre Aufgabe besteht darin, die parallel zu den Schächten verlaufenden - gerichteten - Primärstrahlen durchzulassen und einen Teil der diffusen - ungerichteten - Streustrahlen aus dem Objekt zu absorbieren. Dabei schwächen sie natürlich auch einen Teil der Primärstrahlung, nämlich den, der auf die Bleilamellen auftrifft. Ihre Verwendung bedingt daher nicht nur infolge Verminderung der das Bild diffus schwärzenden Streustrahlen, sondern auch infolge der Primärstrahlenschwächung eine Verlängerung der Belichtungszeit gegenüber der gleichen Aufnahme ohne Streustrahlenraster. Diese Verlängerungszeit wird als sog. Blendenfaktor angegeben. Er ist aber leider keine konstante Zahl. Einmal hängt er von der Art des Rasters ab, das als Kennzeichnung meist das Schachtverhältnis = Höhe : Breite trägt, z.B. 5:1, 7:1, 12:1, außerdem gibt es noch Kreuzraster, bei denen zwei einfache Raster mit um 90° differierender Lamellenrichtung übereinanderliegen. Zum anderen hängt der Blendenfaktor vom Aufnahmeobjekt ab, d.h. von der in den einzelnen Objekten unterschiedlich vorhandenen und dementsprechend absorbierten Menge von Streustrahlen und weiterhin von der Aufnahmespannung. Denn auch hier gilt: je härter die Strahlung, desto geringer die Schwächung. Da die Art des Rasters den größten Einfluß auf den Blendenfaktor hat und Rasteraufnahmen im allgemeinen mit höherer Spannung gemacht werden, in deren Bereich geringe Änderungen die Strahlenschwächung nicht mehr so stark beeinflussen - die Schwächung in Abhängigkeit von der Spannung ist ja eine Exponentialfunktion - läßt sich für die Praxis ein Blendenfaktor für die einzelnen Raster meist mit hinreichender Genauigkeit angeben. Er bewegt sich etwa zwischen 2 und 5.

Auf einen für die richtige Belichtung der Aufnahme wichtigen Punkt bei Verwendung von Streustrahlenrastern muß aber noch hin-

gewiesen werden, nämlich die richtige Zentrierung. Dies gilt vor allem für fokussierte Raster mit hohem Schachtverhältnis. Der Blendenfaktor gilt nur, wenn das Raster den richtigen Abstand zum Fokus hat und wenn der Röhrenfokus genau senkrecht über der Mitte des Rasters steht, so daß tatsächlich die Primärstrahlung an jeder Stelle des Rasters parallel zur Schachtrichtung ungehindert den Schacht passieren kann. Ist dies nicht der Fall, so erhöht sich der Blendenfaktor beträchtlich, wobei seine absolute Höhe nicht mehr bekannt ist.

6. Photographisches Material einschließlich der Verstärkerfolien:

Der Röntgenfilm unterscheidet sich vom Film der Lichtphotographie in zwei Punkten: er ist doppelseitig begossen, d.h. der Schichtträger ist auf beiden Seiten mit einer lichtempfindlichen Schicht versehen und er hat, wie bereits eingangs besprochen, eine wesentlich steilere Gradation. Von der Menge der belichteten und entwickelten Bromsilberkörner der photographischen Schicht hängt die Schwärzung des Filmes ab. Je dicker die Filmschicht ist, desto mehr Bromsilber wird belichtet und desto empfindlicher ist der Film. Nun ist aber - von der Zeichenschärfe abgesehen - der Dicke der Filmschicht dadurch eine natürliche Grenze gesetzt, daß das Licht innerhalb der Filmschicht absorbiert wird, also gar nicht in größere Tiefen gelangt und daß bei einer sehr dicken Filmschicht auch sehr lange Entwicklungszeiten erforderlich sind, um auch das Bromsilber in der Tiefe der Schicht zu erfassen. Röntgenstrahlen erfahren beim Durchgang durch die Filmschicht kaum eine Schwächung, so daß hier die Filmschicht wesentlich dicker sein kann. Es hat sich aber als zweckmäßig erwiesen, zwei Schichten auf beiden Seiten des Trägers aufzubringen, einmal im Hinblick auf die Entwicklungszeit, denn damit kann die Entwicklung gleichzeitig von zwei Seiten her erfolgen, zum anderen infolge der Verwendung von Verstärkerfolien.

Da die photographische Schicht gegenüber Röntgenstrahlen wesentlich weniger empfindlich ist als gegenüber Lichtstrahlen, werden heute die meisten Röntgenaufnahmen mit sogenannten Verstärkerfolien angefertigt. Diese bestehen aus einem strahlendurchlässigen Träger, meist Karton, auf den Metallsalze aufgetragen sind, am häufigsten Kalziumwolframat, seltener Zinksulfid oder Blei-

Bariumsulfat, die unter der Einwirkung von Röntgenstrahlen fluoreszieren. Die Filmbelichtung erfolgt in diesem Fall also indirekt über das Fluoreszenzlicht. Entsprechend dem doppelseitig begossenen Film wird jeweils ein Folienpaar zur Aufnahme verwendet. Folienpaar und Film werden zur Aufnahme in eine Kassette eingebracht, deren Aufgabe es ist, Folien und Film in engstmöglichen Kontrakt zu bringen, so daß beste Zeichenschärfe gewährleistet ist und den Film lichtdicht abzuschließen. Durch Verwendung dieser Verstärkungsfolien kann die Belichtungszeit beträchtlich herabgesetzt werden (um den Faktor 3-10 je nach Folienart). Der Nachteil der Verstärkerfolien ist der, daß sie die Zeichenschärfe des Röntgenbildes beeinträchtigen, und zwar um so mehr, je größer ihr Verstärkungsfaktor ist, der seinerseits von der Dicke der Leuchtschicht abhängt. Da je nach Aufnahmeobjekt einmal die höhere Zeichenschärfe und einmal die kürzere Aufnahmezeit den größeren Vorteil bringt, wurden mehrere Typen von Verstärkerfolien geschaffen: feinzeichnende, Universalfolien, hochverstärkende, denen die Belichtungszeit jeweils angepaßt werden muß. Da es auch verschiedene Filmtypen gibt, stellt das photographische Material, zu dem auch noch Entwicklerlösungen unterschiedlichen Wirkungsgrades hinzukommen, eine ganze Anzahl von Faktoren, die bei der Belichtung einer Röntgenaufnahme in Betracht gezogen werden müssen, insbesondere, wenn man berücksichtigt, daß fast jedes Filmfabrikat und die Folientypen jedes Herstellers verschieden sind und noch von Fertigung zu Fertigung Schwankungen aufweisen. Aus diesem Grund erscheint es für die Praxis unerläßlich, sich wenigstens auf jeweils ein Fabrikat zu beschränken.

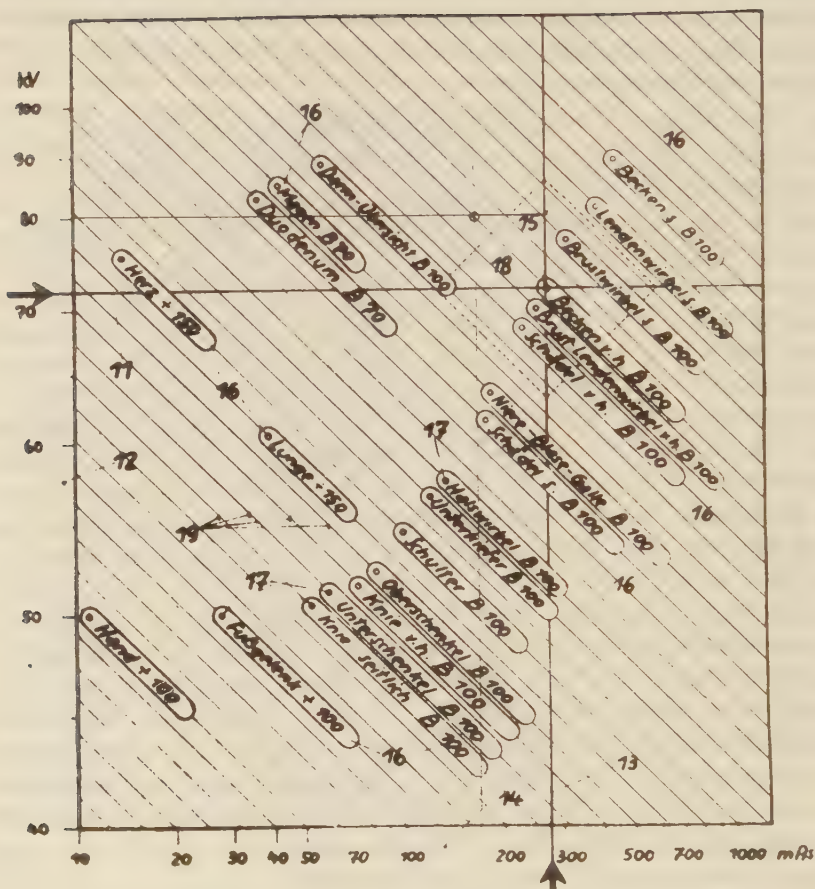
Wenn man alle aufgeführten Punkte betrachtet, so scheint es nahezu unmöglich, ohne jahrelange Erfahrung mit gleichbleibenden Arbeitsbedingungen eine richtig belichtete Röntgenaufnahme zu erzielen. Deshalb war man schon früh bestrebt, die Aufnahmetechnik zu standardisieren und Belichtungstabellen für die einzelnen Organe aufzustellen. Außerdem wurden Apparate konstruiert, die sogenannte Organautomatiken besaßen, bei denen man nicht mehr die elektrischen Daten einstellte, sondern das aufzunehmende Organ, meist mit der Unterteilung dünn, mittel, dick. Dabei

wird entweder mit festen Spannungs- und mAs-Werten gearbeitet oder es wird von einer Art Lichtwert ausgegangen, d.h. die Spannung kann in einem gewissen Bereich beliebig gewählt werden und die mAs-Zahl ändert sich automatisch entsprechend der Hondius-Boldingschen Regel.

Aus der Zeit der empirischen Röntgenphotographie, da es weder einheitliche Eigenschaften des Photomaterials noch kaum Meßgeräte zur Bestimmung der Röhrenstromstärke und Strahlenhärte zur Verfügung standen, stammt ein Verfahren, Belichtungswerte zu finden, das auch heute noch, wenn auch in abgewandelter Form gerne benutzt wird. Es besteht im wesentlichen aus einer Tabelle, die die Faktoren enthält, mit denen der empirisch ermittelte mAs-Wert eines leicht wiederzugebenden Objektes, meist des Handgelenks, für alle anderen Aufnahmearten bei Aufnahme unter den gleichen Bedingungen zu multiplizieren sind. Janker hat diese Tabellen ausgebaut. Sie enthalten jetzt Umrechnungsfaktoren für Änderung der Spannung, der Stromwerte, des Abstandes, Verwendung von Streustrahlenrastern und Verstärkerfolien usw. Daneben wird die günstigste Aufnahmespannung für jedes Objekt und der dem Objekt zugrunde gelegte Normaldickenwert angegeben. Nach dem gleichen Prinzip ist die Siemens-Punkttafel aufgebaut, bei der jedem Organ eine bestimmte Punktzahl zugeordnet ist, die bereits den allgemein üblichen Abstand und die übliche Verwendung oder Nichtverwendung von Verstärkerfolien und Streustrahlenraster berücksichtigt. Jede mögliche Spannung, Stromstärke, Zeit, Abstand, Streustrahlenraster und Verstärkerfolien besitzen ebenfalls Punktwerte, die entsprechend addiert oder subtrahiert werden müssen, um die für die Aufnahme notwendige Punktzahl zu erreichen.

Auf ähnlichen Prinzipien beruhen die Röntgenbelichtungsschieber der Kodak AG und der C.H.F. Müller GMBH sowie der Expositionsschieber von Mayer-Zakowsky. Daneben gibt es Belichtungstabellen, die von den Herstellern für die einzelnen Apparate mitgeliefert werden und die für jedes Organ Richtwerte bezüglich Spannungs- und mAs-Werten unter festgelegten Aufnahmebedingungen enthalten.

Bereits im Jahre 1940 hat die Firma Koch & Sterzel ein Patent auf einen Röntgenapparat angemeldet, der mit einer sogenannten Organautomatik ausgerüstet ist.



Diese besteht, wie Abb. 1 zeigt, darin, daß die optimalen Belichtungswerte für die einzelnen Objekte als Linien gleicher Schwärzung eingetragen sind (entsprechend der Hondius-Boldingh-schen Regel). Durch Verschieben des Kreuzungspunktes zweier Zeigersysteme, deren eine die Spannung und deren andere die mAs-Werte regelt, entlang einer solchen Linie, gelingt es, Aufnahmen gleicher Schwärzung mit höherer oder niedriger Spannung zu machen.

Durch Verlagerung des Punktes auf benachbarte parallele Linien werden Dickenunterschiede ausgeglichen. Ein auf demselben Prinzip beruhendes Schema begegnet uns in der neuen Basis-Belichtungstabelle für den Super DLX von Philips. Hier werden die Belichtungswerte mit der Organdicke gesondert angegeben. Auf dem sog. Umrechnungsanogramm werden abweichende Organdicken korrigiert. Ein weitgehend automatisiertes Gerät amerikanischer Herkunft, der "Anatomic" der Picker X-Ray Company, erfordert lediglich die Einstellung des gewünschten Organs und dessen Dicke. Die Bestimmung der Stromstärke, Spannung und der Zeit vollzieht sich bei bekanntem Fokus-Filmabstand automatisch.

Zur Voraussetzung machen die meisten dieser Tabellen, Schieber und Spezialschalttische, daß es sich bei den Aufnahmen um die Organe von Normalpatienten handelt. Für Abweichungen wird meist eine bestimmte prozentuale Erhöhung der Belichtung pro Zentimeter Dickenzunahme angegeben, und zwar für alle Organe, mit Ausnahme der Lunge die gleiche. Trägt man die angegebenen Objektdicken mit den für konstante Aufnahmebedingungen errechneten mAs-Werten in ein Koordinatensystem ein, auf dessen Ordinate die Dicke in Zentimetern linear und auf dessen Abszisse die mAs-Werte logarithmisch aufgetragen sind, so wird man feststellen, daß alle Punkte auf einer Geraden liegen, und zwar so, daß eine Dickenzunahme um 1 cm einer Belichtungszunahme um 25 % entspricht. Es wird also allen Organen eine gleiche mittlere Strahlenschwächung zugrunde gelegt, die lediglich bei der lufthaltigen Lunge geringer ist. Vergleicht man aber die verschiedenen Belichtungstabellen, so fällt auf, daß die angegebenen Normaldicken zum Teil sehr unterschiedlich sind. Sie wurden offenbar in den meisten Fällen lediglich an einigen wenigen als normal empfundenen Personen ermittelt. Wenn es nun zutrifft, daß die richtige Belichtung aller Röntgenaufnahmen im wesentlichen vom Verhältnis der Organdurchmesser abhängt, erscheint es wünschenswert, diese Werte und ihre Abweichungen an einem größeren Personenkreis zu ermitteln und danach allgemein gültige Richtwerte aufzustellen.

Zwar hat die Einführung der automatischen Bestimmung der Belichtung in den letzten Jahren Belichtungstabellen bis zu einem

gewissen Grad überflüssig gemacht, weil man mit den sogenannten Belichtungsautomaten in der Lage ist, die am Film auftretende Dosis während der Aufnahme zu messen und nach Erreichen der gewünschten Dosis die Belichtung zu beenden. Außerdem hat sich dabei gezeigt, daß die Annahme einer gleichen mittleren Strahlenschwächung durch alle Körperregionen und bei allen Personen nicht zutrifft. Jedoch ist die Kenntnis der Organdicken und vor allem ihrer Schwankungen immer noch die Grundlage für die groben Einstellungen am Schalttisch, die auch bei Verwendung von Belichtungsautomaten noch vorgenommen werden müssen. Hierunter fällt besonders die Wahl einer geeigneten Aufnahmespannung, auf deren Einstellung die Belichtungsautomatik keinen Einfluß hat, und an den meisten derzeitigen Apparaten die Einstellung einer entsprechenden mAs-Zahl. Diese mAs-Zahl muß nämlich so bemessen sein, daß sie auf jeden Fall für die erforderliche Dosis ausreicht, denn sonst wird die Belichtung durch den Röntgenapparat, wie sonst auch, beendet, auch wenn die richtige Dosis noch nicht erreicht ist. Sie soll aber andererseits nicht zu hoch voreingestellt werden, weil sonst die verwendbare Stromstärke sehr niedrig wird und die Aufnahmezeiten dadurch unnötig lang werden.

Weiterhin ist die Kenntnis der Organdicken noch unter dem Gesichtspunkt der Röhrenbelastbarkeit von Interesse. Da bestimmte Organe mit Eigenbewegungen eine diesen Bewegungen entsprechende kurze Belichtungszeit erfordern, besteht die Frage, ob die derzeitigen Röhren in der Lage sind, die für die vorgeschriebene kurze Belichtungszeit erforderliche Belastung auszuhalten, und zwar vor allem bei dicken Patienten, oder ob mit solchen Organdicken zu rechnen ist, daß auf die Dauer höher belastbare Röhren erforderlich sind.

Aufgabestellung der vorliegenden Untersuchungen war es deshalb, an einem großen Personenkreis alle in Frage kommenden Körperdurchmesser zu bestimmen sowie ihren Mittelwert und ihre Abweichungen zu berechnen.

III. Angaben von Organgrößen im Schrifttum

1. Allgemein

Bemühungen, in der einschlägigen Literatur Angaben über Durchschnittswerte von Körperdurchmessern zu finden, waren erfolglos. Hierbei wurde vor allen Dingen an Untersuchungen auf dem Gebiete der Anatomie, in noch größerem Maße dem der Anthropologie gedacht. Wohl existiert ein umfangreiches Zahlenmaterial an statistischen Messungen von Körpermaßen, doch bleiben sie für diese Arbeit von einem Wert, der aus folgenden Gründen keine Berücksichtigung finden kann:

Die Mehrzahl aller Messungen am Menschen beschränkt sich auf Erhebung von Körpergröße und Gewicht, des weiteren auf Umfangmessungen einzelner Organe. Ohne in diesem Punkte einen statistischen Vergleich führen zu müssen, läßt sich sagen, daß vom Umfang nicht auf den Durchmesser ein und desselben Organs geschlossen werden kann. Allenfalls kann dies noch bei sehr kleinen Körperabschnitten, wie z.B. dem Finger zutreffen, bei größeren aber, man denke nur an die vielfältige Gestaltung von Schädel, Thorax und Abdomen, muß dies versagen.

Wie schon erwähnt, ist die Erfassung von Körperdurchmessern in der Minderzahl. Kretschmar, Bach und Brückner haben zu Beginn der 30iger Jahre umfangreiche Organmessungen vorgenommen (Krogman: *Growth of Man*), leider sind auch diese hier nicht zu verwerten, da sie einem, wie für diese Arbeit notwendigen repräsentativen Querschnitt nicht entsprechen. Es wurden beispielsweise anlässlich von vergleichenden Arbeiten Schulklassen, Studenten bei der Immatrikulation oder Soldaten bei der Musterung durchgemessen. Um jedoch eine repräsentative Stichprobe zu erhalten, müssen folgende Bedingungen berücksichtigt werden:

- a. eine genügend große Anzahl von Menschen in einem Alter, in dem eine ärztliche Untersuchung, die Röntgenuntersuchung eingeschlossen, wahrscheinlich ist.
- b. Menschen beiderlei Geschlechts.
- c. Menschen aller Berufsschichten und der dadurch bedingten Konstitution.

2. Röntgen-Belichtungstabellen

Wohl nahezu alle Autoren, die sich mit der Darstellung der Röntgentechnik und der Aufnahmetechnik befassen, geben in ihren Arbeiten Belichtungstabellen an, die auf ihren eigenen Messungen und den daraus gewonnenen Erfahrungen aufgebaut sind. Diese Tabellen können mehr oder weniger auf jeden Röntgenapparat angewendet werden. Im Gegensatz dazu stellen die Hersteller-Firmen ihre Geräte, soweit sie nicht weitgehend automatisiert sind, mit Tabellen aus, die nur aus den im Umgang mit dem jeweiligen Apparat gemachten Erfahrungen aufgebaut und dann nur auf diese bestimmte Type angewendet werden können.

Allen Tabellen liegen Durchschnittswerte eines normal dicken Mannes zugrunde. Viele Autoren führen jedoch die von ihnen gefundenen Werte in ihren Tabellen nicht auf und überlassen es demjenigen, der sie gebrauchen will, festzustellen, ob der Patient einem normal-dicken Mann entspricht oder in wie weit er sich von diesem unterscheidet.

In einigen Tabellen aber findet man die wichtigsten Durchschnittswerte angegeben:

- a. Röntgenbelichtungstabelle der Siemens-Reiniger-Werke AG. Erlangen
- b. Belichtungstabelle für die Röntgenkugel der SRW AG.
- c. Eine von R. Janker in seiner Röntgenaufnahmetechnik Teil I angegebene Tabelle
- d. Expositionsschieber von Mayer-Zakowsky
- e. Eine von H. Schön in seiner Medizinischen-Röntgen-Technik aufgestellte Tabelle
- f. Eine neue Basis-Belichtungstabelle von Philips, die neben einer revidierten Objektliste und dem Umrechnungsnomogramm nun auch Objektdicken enthält
- g. Belichtungstabelle für den "Anatomic 2000 MA" der Picker X-Ray Corporation.

3. Vergleich der in den einzelnen Belichtungstabellen gefundenen Werte

Die Angaben über die Organdurchmesser in den einzelnen Tabellen können nach den unter den erwähnten Bedingungen ermittelten Messungen nur einen angenäherten, wenn nicht zufälligen Wert besitzen. Denn meist lassen sie Geschlecht sowie Abweichungen von der genannten Norm unberücksichtigt.

Auch untereinander kommen die einzelnen Autoren teilweise zu nicht unerheblichen Differenzen, die die Richtigkeit und damit Brauchbarkeit in Frage stellen.

Es soll hier eine Aufstellung von ausgewählten Aufnahmen erfolgen, die den Unterschied der einzelnen Werte vor Augen führen sollen.

Art der Aufnahme	SRW	SRW Rö-	Janker	Mayer Zakowsky	Schön	Philips	Picker
Schädelübersicht p.a.	19	19	19	19	19	20	19
Gesichtsschädel seitl.	16	14	15	15	15	15	13
Schädel axial	22	-	22	22	22	22	-
1-7 Rippe p.a.	20	-	-	22	-	20	20
Brustbein seitl.	30	-	-	25	-	-	-
Lunge p.a.	21	21	21	19	21	21	21
Niere p.a.	19	20	19	21	19	20	20
Gallenblase p.a.	19	20	19	21	19	20	20
Schwangerschaft p.a.	32	-	-	30	-	28	28
" seitl.	28	-	-	27	-	30	30
1-4 Lendenw. a.p.	19	20	19	19	19	21	21
Schultergelenk a.p.	11	13	11	14	-	15	14
Oberarm a.p. seitl.	8	9/8	-	11	-	8	8
Unterarm a.p.	6	7	-	5	-	7	8
Handgelenk seitl.	6	6	6	6	-	6	6
Kniegelenk a.p.	12	12	12	11	12	12	12
" seitl.	10	10	11	10	11	10	12

Bei der p.a. Aufnahme der Schädelübersicht stimmen alle Autoren mit 19 cm überein, doch bereits bei der seitl. Gesichtsschädelaufnahme tritt ein beachtlicher Unterschied auf, der bei der Belichtungstabelle von SRW zu den von Janker, Mayer-Zakowsky und Schön 1 cm aufweist, zu der von der Röntgenkugel von SRW gleich 2 cm ausmacht, während bei der axialen Schädelaufnahme wieder Übereinstimmung herrscht. Bereits bei dieser einen Gegenüberstellung wird deutlich, daß die Werte, zumindest deren Verhältnis zueinander Schwankungen unterworfen sind. Die Erklärung dafür liegt wohl in der verschiedenartigen Anlage des Körpers. Neben der einfachen Tatsache, daß es in metrischer Hinsicht eben große und kleinere Köpfe gibt, bietet die Kenntnis der vielen rassisch bedingten Kopfformen, der germanischen, romanischen, dinarischen oder slawischen Kopfform Aufklärung.

Auf diese Weise ließen sich beliebig viele Gegenüberstellungen vornehmen. Leider läßt sich jedoch kein exakter Vergleich auf Grund statistischer Methoden führen, da nicht in Erfahrung gebracht werden konnte, auf welche Weise die aufgeführten Werte entstanden, respektive, ob diese Ergebnisse von Stichprobenmessungen sind. Meist wird von den Autoren, wie oben erwähnt, auf einen normalen Erwachsenen verwiesen.

Die Ungenauigkeit und Unterschiedlichkeit wird auch im Vergleich der Belichtungswerte deutlich. Nach Janker würde man beispielsweise die Gallenblase eines normal-dicken Patienten (a.p. 19 cm) mit 3.02 sec bei 70 kV belichten. Nähme man nun den Durchmesser bei Mayer-Zakoosky von 21 cm und würde dafür mittels der Jankerschen Korrekturfaktoren den Belichtungs-wert berechnen (bei Zuwachs um 2 cm mal 1.5), bekäme man eine Belichtungszeit von 4.53 sec. Das ergibt einen Unterschied in der Belichtungszeit von 1.51 sec. für einen normal dicken Patienten von Janker und Mayer-Zakowsky.

IV. Experimenteller Teil

1. Angaben über die Messungen

Alle Angaben über Organgrößen in der einschlägigen Literatur beschränken sich nur auf jeweils eine Angabe. Es konnte nicht in Erfahrung gebracht werden, wie diese Werte erhoben wurden. Einige Autoren verweisen lediglich darauf, daß es sich bei ihren Maßen um die eines normalen Erwachsenen handelt, der als Mann von ca 170 cm Größe und 75 kg Gewicht definiert ist.

In keiner der erwähnten Tabellen sind Angaben zu finden, ob bei den Organdurchmessern eine Abhängigkeit von Alter und Geschlecht besteht. Auch sind bei diesen Werten nirgends Schwankungen angegeben. Diese Tatsache läßt den Schluß zu, daß es sich bei diesen Werten höchstwahrscheinlich nicht um Messungen an einer größeren Anzahl von Personen, einer Stichprobe handelt.

Es wurden am Institut und Poliklinik für physikalische Therapie und Röntgenologie der Universität Messungen von Organgrößen an einer Anzahl Personen durchgeführt, die dem Untersucher aus dem Klinikbetrieb zugeführt wurden.

Von dem untersuchten Personenkreis wurde die Erfüllung folgender Bedingungen gefordert:

- a. Als Versuchspersonen kommen nur Patienten in Frage, wie sie im täglichen Klinikbetrieb, bzw. in der Sprechstunde (Ambulanz) anzutreffen sind.
- b. Der Anteil der männlichen und weiblichen Patienten soll nahezu gleich sein.
- c. Als untere Altersgrenze wurden 16 Jahre gesetzt. Auf eine obere Grenze wurde verzichtet, da ja die klinische Untersuchung unter besonderer Berücksichtigung der Röntgengraphie mit wachsendem Alter immer häufiger wird.
- d. Die Auswahl der Versuchspersonen soll rein zufällig sein, ohne besondere Berücksichtigung des Berufs und der daraus z.T. bedingten Konstitution.

- e. Alle Patienten sollen unter genau gleichen Bedingungen, von denselben Untersuchern mit größtmöglicher Genauigkeit ± 0.5 cm gemessen werden.

Folgende Organdicken sollten gemessen werden:

Schädel	a.p. und seith.
Hals	a.p. und seith.
Thorax	a.p. und seith.
Schulter	
Hand	
Abdomen oben	a.p. und seith.
Abdomen oben Umfang	
Abdomen unten	a.p. und seith.
Abdomen unten Umfang	
Knie	a.p. und seith.
Sprungelenk	a.p. und seith.

2. Angaben über die statistischen Berechnungen

Zu untersuchen ist ein Personenkreis, bei dem verschiedene Messungen vorgenommen wurden. Zu beantworten ist die Frage: bestehen Unterschiede hinsichtlich bestimmter Aufteilungsmerkmale (in dieser Arbeit z.B. Alter und Geschlecht usw.)?

Teilt man die Personen nach zwei oder mehr Merkmalen in verschiedene Gruppen ein, so braucht man einige statistische Maßzahlen, an denen man messen oder vergleichen kann, ob zwischen den Meßwerten der Gruppen und damit auch zwischen den Gruppen ein Unterschied besteht.

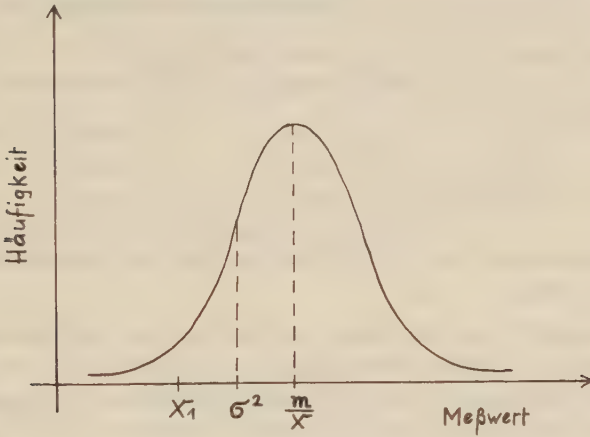
Für die Maßzahl eines jeden Organs ist zunächst folgende Frage zu beantworten:

Wie sieht eine Häufigkeitsverteilung aus

Der Zweck der Häufigkeitsverteilungen ist es, dem Betrachter ein anschauliches Bild von statistischen Erhebungen zu vermitteln.

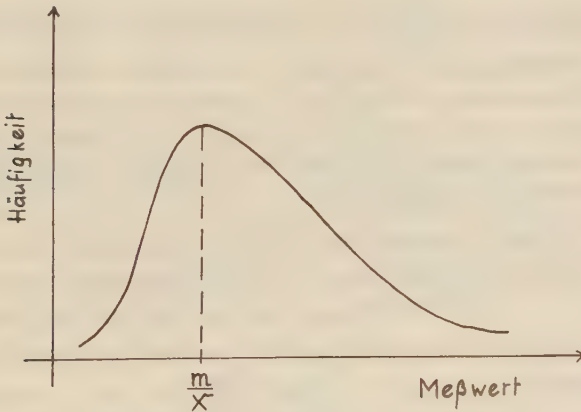
Wir unterscheiden zwei Arten von Verteilungen:

1. Die Normal-Gauß-Verteilung



Die Meßwerte verteilen sich symmetrisch um den Mittelwert, die Voraussetzung für folgende Statistik.

2. Die Poissonsche Verteilung



Diese Verteilung ergibt sich, wenn der Mittelwert nahe an der unteren Grenze des Wertevorrates liegt. Vor einer weiteren stati-

stischen Verarbeitung ist eine Transformation der Mittelwerte zu finden (z.B. Quadratwurzel, Logarithmus), die eine unsymmetrische Verteilung in eine Gauß-Verteilung überführt.

Unter dem Mittelwert $\bar{x}$ für die Einzelwerte $x_1, x_2, x_3 \dots x_N$ versteht man den Quotient aus der Summe aller Einzelwerte und deren Gesamtanzahl N .

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{v=1}^N x_v$$

Die Schwankungsbreite ist die Differenz zwischen dem größten und kleinsten Wert.

Unter Streuung σ^2 versteht man die Koordinaten des Wendepunktes bei der Gaußschen Normalverteilung. Sie ist definiert als der Quotient aus der Summe aller ins Quadrat erhobenen Abweichungen der Einzelwert vom Mittelwert, dividiert durch die um 1 verminderte Gesamtzahl N der Einzelwerte:

$$\sigma^2 = \frac{1}{N-1} \cdot \sum_{v=1}^N (x_v - \bar{x})^2$$

Die Standardabweichung σ ist die Quadratwurzel der Streuung σ^2 .

Ob sich zwei Stichproben wesentlich von einander unterscheiden, kann man unter anderem im Vergleich ihrer Häufigkeitsverteilungen feststellen. In der Statistik ist ein derartiges Prüfverfahren (die Prüfung nach χ^2) bekannt. Dieses Verfahren wurde auch in dieser Arbeit angewendet.

Theorie: Linder, Statistische Methoden, Basel 1951
Weber, Grundriss der biol. Statistik,
Jena 1957

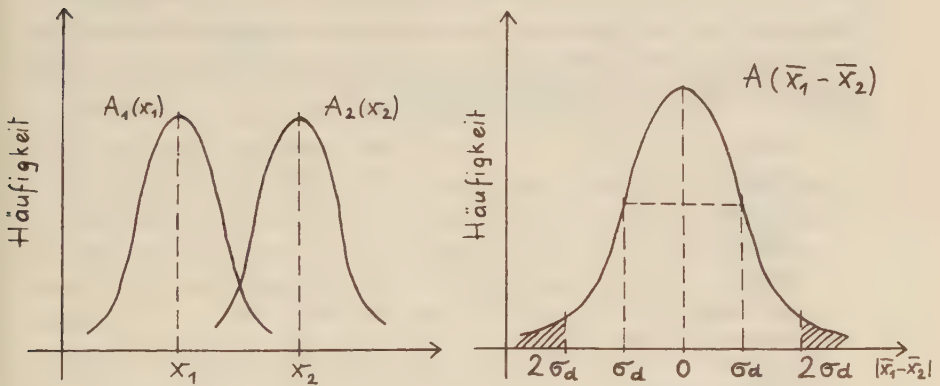
Andererseits kann man zwei Stichproben an Hand ihrer Mittelwerte vergleichen:

Zur Stichprobe A_1 gehören der Mittelwert $\bar{x}_1$ und die Streuung σ_1^2
 " " A_2 " " " $\bar{x}_2$ " " " σ_2^2

Sind A_1 und A_2 normal verteilt, dann ist der Betrag der Differenz der Mittelwerte $\bar{x}_1 - \bar{x}_2$ wieder normal verteilt mit dem Erwartungswert 0 und der Streuung

$$\sigma_d^2 = \frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}$$

Liegt die Differenz $\bar{x}_1 - \bar{x}_2$ außerhalb eines um den Erwartungswert 0 abzugrenzenden Intervalls der Länge $\alpha \cdot \sigma_d$, so wird man sagen, die Stichproben A_1 und A_2 unterscheiden sich von einander hinsichtlich ihrer Mittelwerte.



Das Verhältnis der Fläche innerhalb der Kurve $A(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)$ und der außerhalb der Grenzen $\alpha \cdot \sigma$ gelegenen Abszissenachse zur Gesamtfläche der Verteilungsfunktion gibt die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten einer Differenz $\bar{x}_1 - \bar{x}_2 > \alpha \cdot \sigma$ nach den einfachen Zufallsgesetzen an. α ist dabei nur abhängig von der Strenge des angelegten Maßstabes.

Zu jedem Wert $n = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}}$ gehört eine Größe $P = P(n)$,

die die Beteiligung des Zufalls am Zustandekommen der Differenz $|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|$ angibt.

Bei einem $P \leq 0.05$ wird man sagen, daß die Differenz $|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|$ reell ist oder daß sich beide Verteilungen signifikant unterscheiden. Dabei gilt die Einschränkung, daß unter 100 gleichartigen Erhebungen mit dem gleichen Ergebnis $P\%$, die lediglich auf die Einwirkungen des Zufalls zurückzuführen sind, man fälschlich als signifikant beurteilt.

V. Der untersuchte Personenkreis

Für die hier vorliegende Arbeit wurden am Institut für phys. Therapie und Röntgenologie in München Messungen an 274 Patienten beiderlei Geschlechts und verschiedenen Alters vorgenommen. Gemessen wurden die Organdurchmesser von

Schädel	a.p. und seitlich		
Hals	"	"	"
Thorax	"	"	"
Schulter			
Hand			
Abdomen oben	a.p. und seitlich		
Abdomen unten	"	"	"
Knie	"	"	"
Sprunggelenk	"	"	"

Der untersuchte Personenkreis wurde, um einen statistischen Vergleich zu ermöglichen, nach Alter und Geschlecht aufgeteilt.

Alter		Gesamt	
16-20	20	25	45
21-30	25	25	50
31-40	25	25	50
41-50	25	25	50
51-	43	25	68

Abb. 7

Insgesamt konnten 3264 Meßwerte statistisch verwendet und verarbeitet werden.

Die Messungen der jeweiligen Objektdicken wurden im Sinne der üblichen Aufnahmetechnik vorgenommen:

- am Schädel bei normaler, gerader Kopfhaltung
- am Abdomen in Rücken- und Seitenlage
- am Hals sitzend
- am Kniegelenk liegend
- an der Schulter sitzend
- am Handgelenk auf der Tischauflage
- am Fußgelenk sitzend

Gemessen wurde ausschließlich der Durchmesser, eingeschlossen die Weichteile, also ohne Berücksichtigung des Knochens bzw. des Gesamtumfanges.

Außerdem wurden an der I. Universitätsfrauenklinik Messungen an insgesamt 70 Schwangeren zu Ende der Graviditas vorgenommen. Auch hier wurden die gebräuchlichen Arten der diagnostischen Röntgenphotographie bei Schwangeren als Grundlage genommen.

Die erste dient der Diagnose der Kindslage und dem Ausschluß einer Mehrlingsschwangerschaft. "Die Lagerung der Schwangeren auf dem Bauch ist photographisch und lagerungstechnisch als die günstigste zu bezeichnen, da hierdurch eine gute Kompression durch sein Eigengewicht erfolgt, was die Absorptions- und Streuverhältnisse verbessert und infolge der Plattennähe des Objekts eine geringere perspektivische Verzeichnung und größere Konturschärfe des Fötus zur Folge hat.

Die zweite Art dient im wesentlichen der Beurteilung des mütterlichen Beckens. -" Die Beckensitzaufnahme nach Martius stellt heute das meist benötigte Verfahren dar. Die von Martius zur Beckenmessung gewählte Lage entspricht der Albertschen Sitzstellung, wobei Oberkörper und Kopf der Patientin gegen eine steilgestellte Rückenlehne zurückgebogen werden, ohne daß das Becken die Rückwärtsbiegung mitmacht. Durch diese Lagerung ist es möglich, den Beckeneingangsring plattenparallel zu stellen. Zur

Kontrolle legt man den Zeigefinger der einen Hand an den oberen Rand der Symphye und den anderen in die Delle unterhalb des processus spin. des 5. LWK. (F.A. Wahl)

VI. Ergebnisse der Messungen und der
statistischen Berechnung

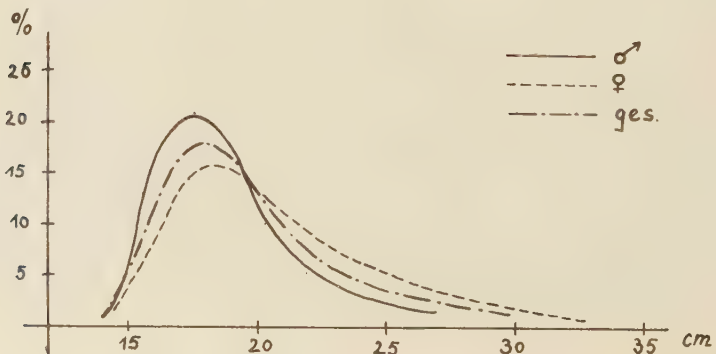
1. Besteht eine Abhängigkeit der Maßgröße vom Alter?

Die gemessenen Patienten wurden in Altersgruppen zu je 10 Jahren zusammengefaßt. Dabei ergaben die Mittelwerte z.B. des Organdurchmessers σ Abdomen unten a.p. folgendes Bild:

Alter	n	$\bar{x}$	
16-20	20	18.80	n = Anzahl
21-30	25	18.42	$\bar{x}$ = Mittelwert
31-40	25	18.68	
41-50	25	18.88	
51-	43	18.80	
	138	18.72	

Abb. 8

Diese Mittelwerte lassen sich in einer der Normal-Verteilung ähnlichen Kurve darstellen.



Ähnlich verhält sich auch, wie die Skizze zeigt, die Verteilung der Mittelwerte, die die Messungen bei den weiblichen Patienten ergaben. Folglich muß auch die Verteilung aller Werte eine Gauß-ähnliche sein.

Der statische Vergleich nach der F-Verteilung hat ergeben, daß der dem F zugehörige Faktor $P > 0.05$ (hier $F = 0.1864$) ist, mithin kein signifikanter Unterschied zwischen den Altersgruppen besteht.

Die gleiche Erkenntnis konnte auch beim Vergleich der anderen Organdicken mit einer Ausnahme gewonnen werden: dem Objektdurchmesser Lunge a.p.

Hier verteilten sich die Mittelwerte folgendermaßen:

Alter	n	$\bar{x}$	
16-20	20	19.45	n = Anzahl
21-30	25	26.06	$\bar{x}$ = Mittelwert
31-40	25	26.38	
41-50	25	28.09	
51-	43	23.72	
	138	22.89	

Abb. 10

Abb. 11 siehe Seite 26

Beim Vergleich nach der F-Verteilung errechnete sich ein Wert $F = 3.1009$. Der dazugehörige Faktor P ist mit einem $P > 0.01 < 0.05$ kleiner als 0.05. Somit konnte hier ein signifikanter Unterschied der Mittelwerte der Altersgruppen gesichert werden.

2. Besteht eine Abhängigkeit der Maßgröße vom Geschlecht?

Auch hier läßt sich ein Vergleich der beiden Stichproben, auf der einen Seite die Maße der männlichen Organdurchmesser, auf der anderen Seite die der weiblichen, an Hand ihrer Mittelwerte durchführen, da beide Stichproben normal verteilt sind.

Soll die Differenz der Mittelwerte $|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|$ reell sein, so muß die Größe $P_{(n)}$, die zu jedem Wert n gehört $P \leq 0.05$ sein, wobei

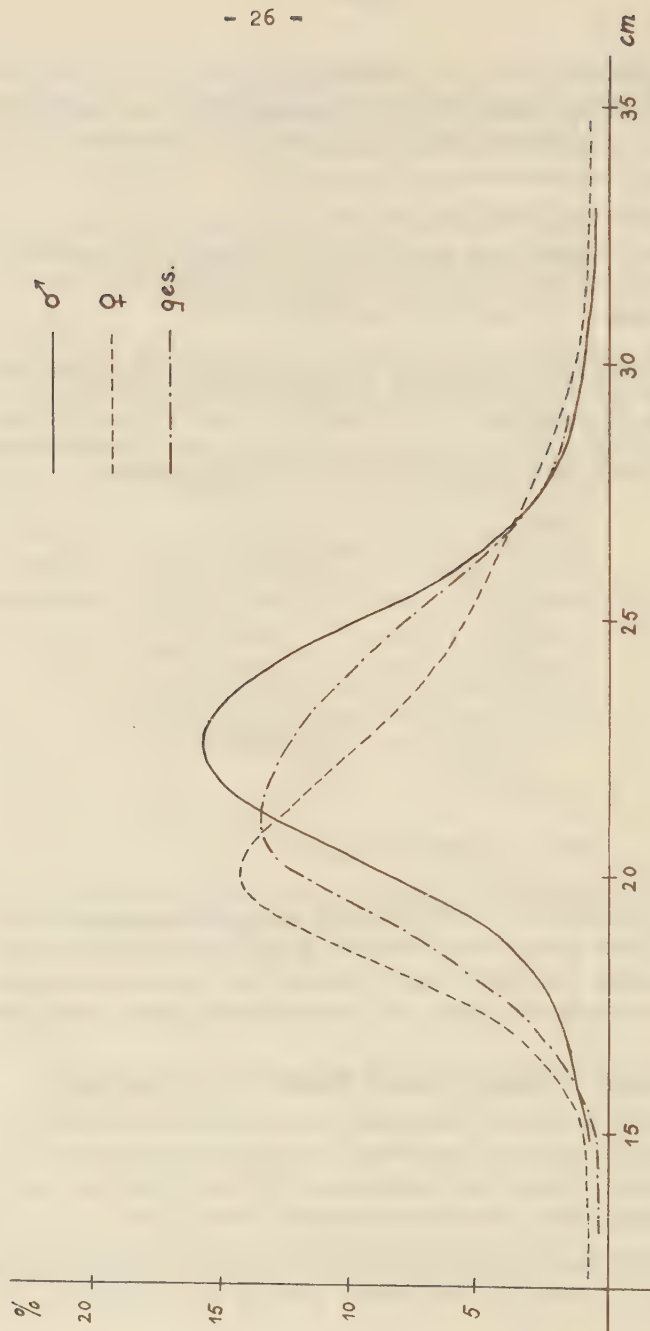


Abb. 11 Lunge a.p.

$$n = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$$

Bei der Errechnung dieser Größe $P(n)$ hat sich ergeben, daß sich die Mittelwerte der Durchmesser

Schulter

Hand

Abdomen a.p. oben

Abdomen seidl. oben

Knie seidl.

nicht unterscheiden.

Abb. 12 siehe Seite 28, Abb. 13 S. 29, Abb. 14 S. 30

Dagegen hat sich beim Vergleich der anderen Organdurchmesser ein $P < 0.05$ ergeben, was also besagt, daß ein signifikanter Unterschied zwischen den männlichen und weiblichen Maßen besteht:

Schädel a.p.

Schädel seidl.

Hals a.p.

Hals seidl.

Lunge a.p.

Lunge seidl.

Abdomen a.p. unten

Abdomen seidl. unten

Knie a.p.

Abb. 15 siehe Seite 31, Abb. 16 S. 32, Abb. 17 S. 33,

Abb. 18 S. 34

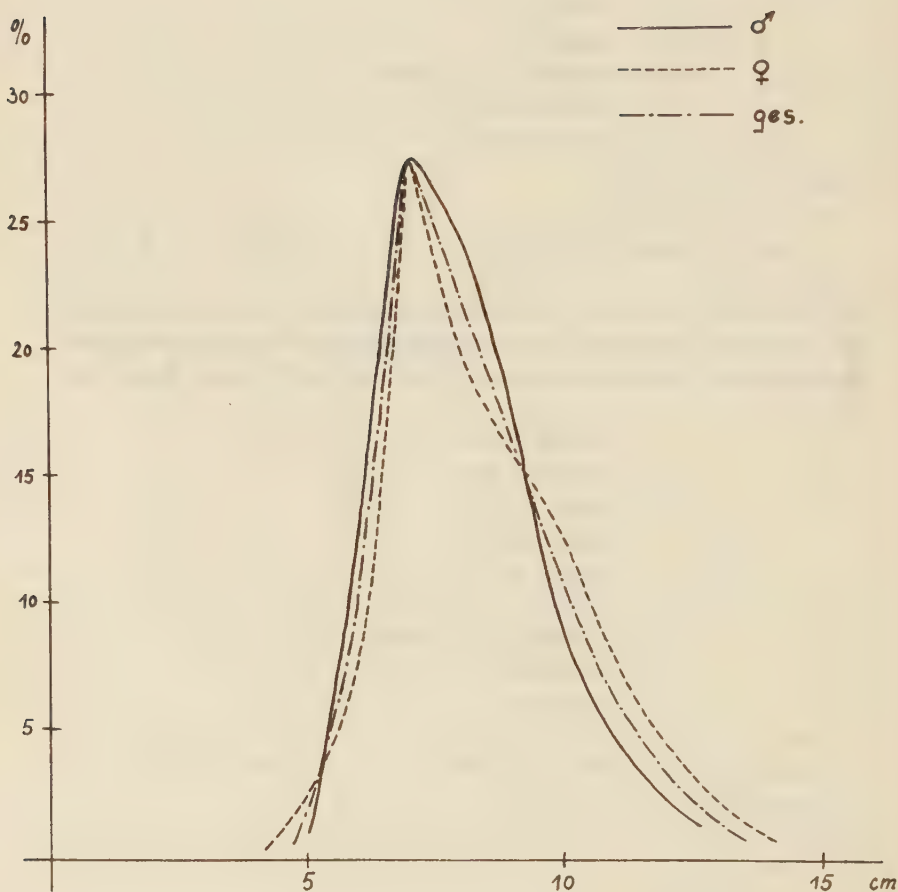


Abb. 12 Schulter

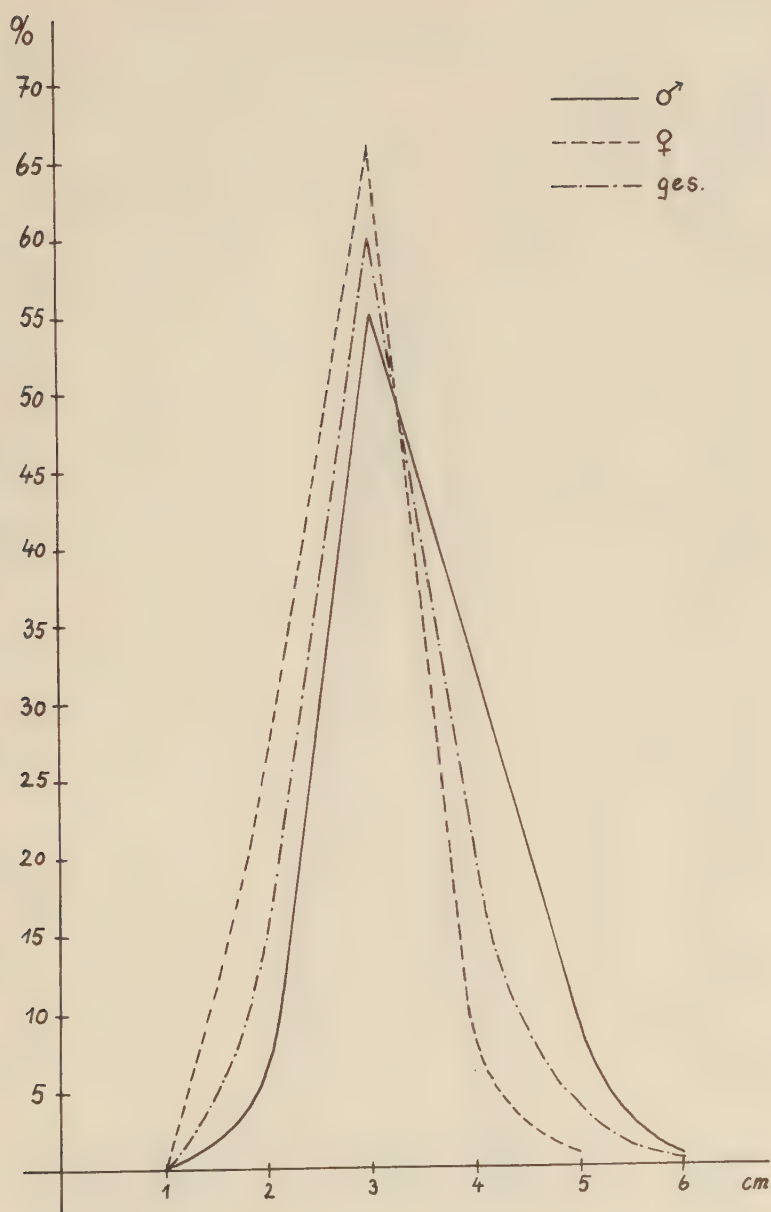


Abb. 13 Hand

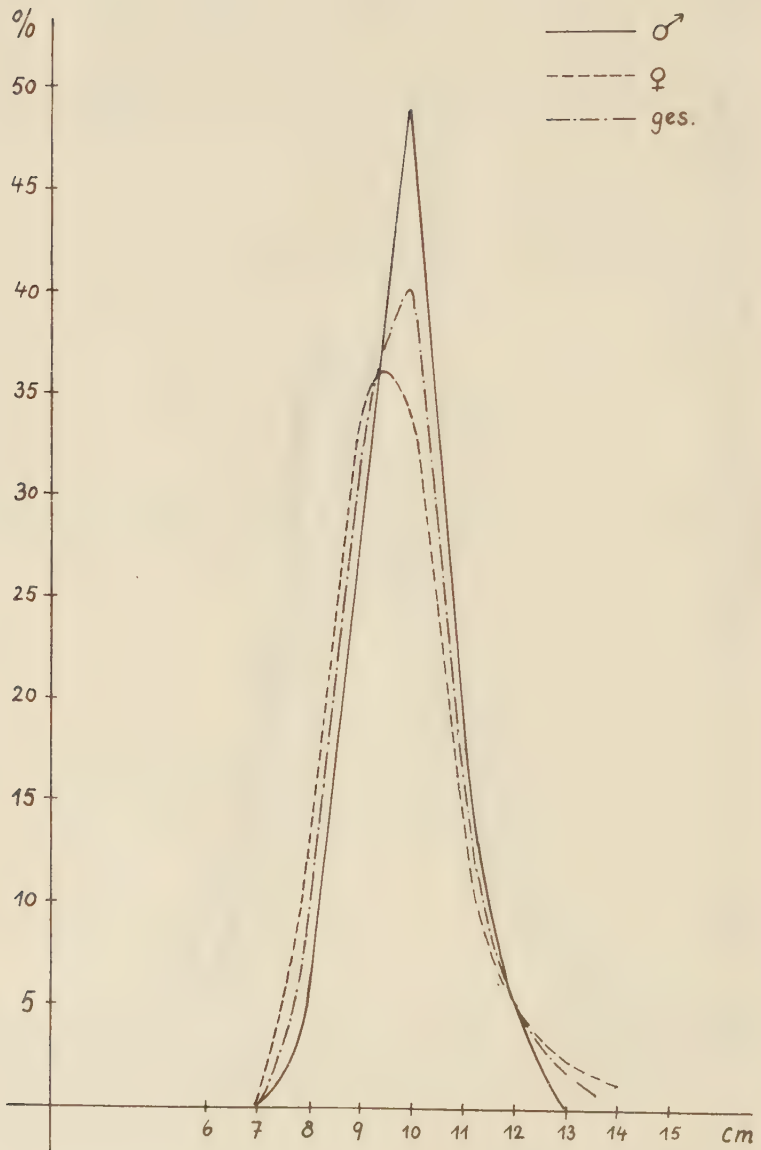


Abb. 14 Knie seitlich

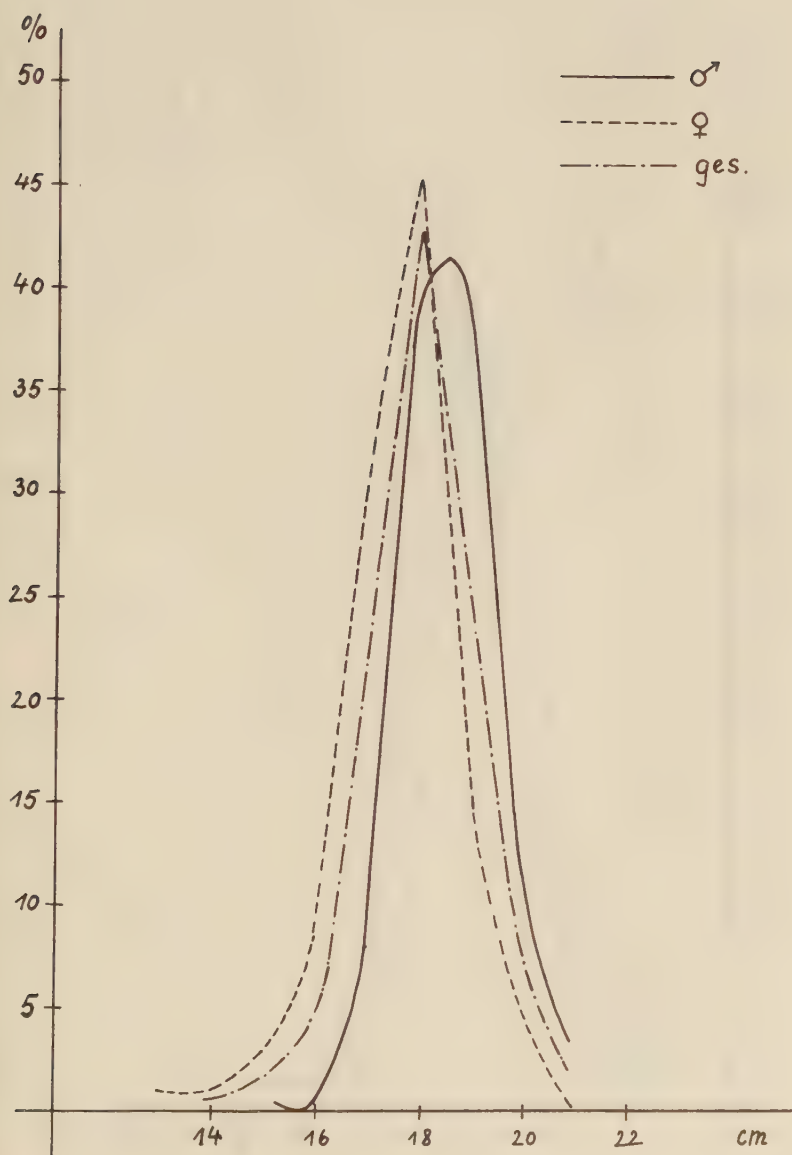


Abb. 15 Schädel a.p.



Abb. 16

Schädel seitlich

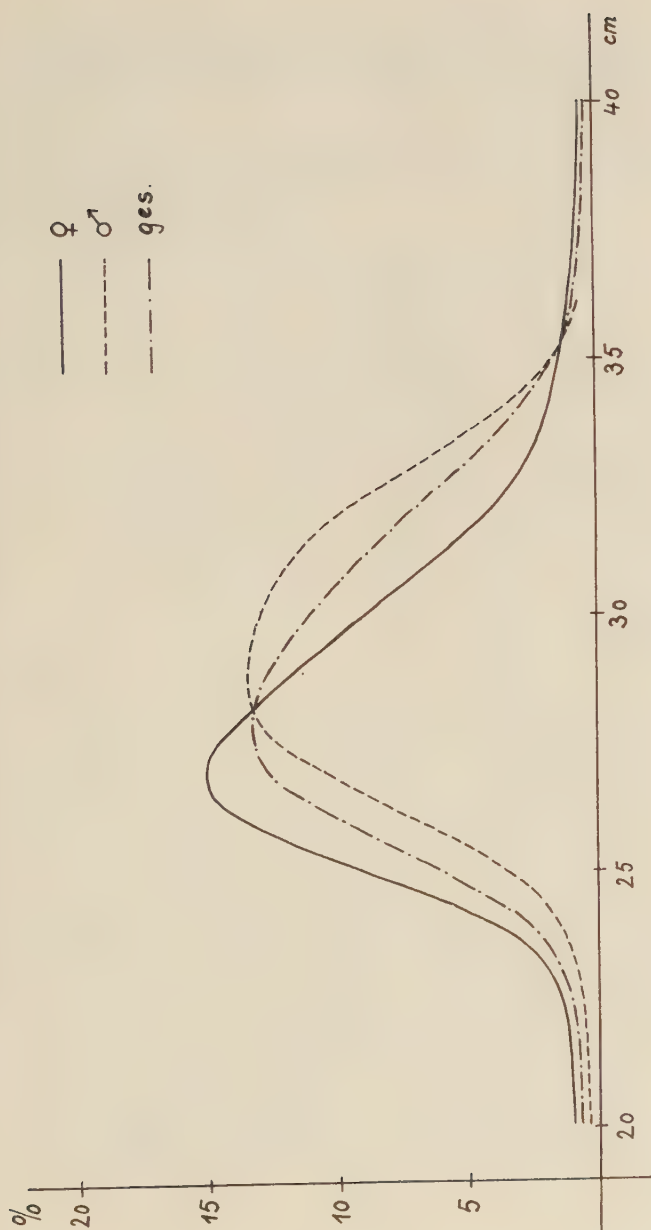


Abb. 17 Lunge seitlich



Abb. 18 Knie a.p.

3. Besteht ein Unterschied zwischen der am Institut erhobenen Stichprobe und den Werten, die außerhalb gefunden werden konnten?

Im Rahmen dieser Arbeit wurde versucht, auch Meßergebnisse heranzuziehen, die unabhängig von den am Institut erhobenen Werten gefunden wurden.

Dies gelang in einem Münchner Bekleidungshaus. In diesem Hause werden nach einem neuen Verfahren Herrenanzüge nach Maß angefertigt. Es geschieht mit Hilfe der Photometrie.

An Hand von photographischen Aufnahmen der Kunden werden deren für einen Anzug wichtigen Körpermaße abgenommen. Dies sind:

Oberweite	entsprechend	Thorax Umfang
Bundweite	entsprechend	Abdomen oben Umfang
Gesäßweite	entsprechend	Abdomen unten Umfang

Abb. 19 siehe Seite 36

Insgesamt konnten 767 Meßwerte gefunden und für diese Arbeit verwendet werden.

Ob sich diese beiden Stichproben, also einmal die am Institut erhobenen Werte und zum anderen die in dem Bekleidungshaus gemessenen Werte unterscheiden, konnte in einem Vergleich ihrer Häufigkeitsverteilungen mittels der Prüfung nach χ^2 geklärt werden.

Dabei wurde festgestellt, daß sich die Ergebnisse aller drei Umfänge unterscheiden.

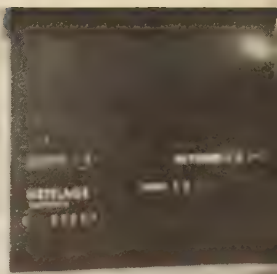
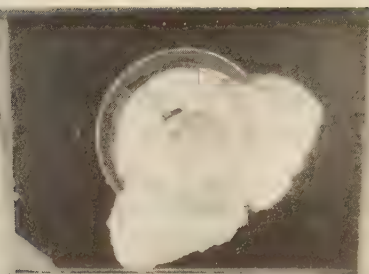
Beim Vergleich der Oberweite mit Thorax Umfang ergab sich ein $\chi^2 = 520.43$; das ergibt bei $f = 5$ eine zugehörige Größe $P \ll 0,001$.

Bundweite mit Abdomen Umfang oben:

$$\chi^2 = 548.65 \quad \text{bei } f = 6 \quad : \quad P \ll 0.001$$

Gesäßweite mit Abdomen Umfang unten:

$$\chi^2 = 769.09 \quad \text{bei } f = 4 \quad : \quad P \ll 0.001$$



VII. Besprechung der Ergebnisse

1.) Beim Vergleich der Altersgruppen untereinander wurde festgestellt, daß sich nur der Organdurchmesser Thorax a.p. nach statistischer Prüfung unterscheidet.

Betrachtet man den Mittelwert der einzelnen Gruppen, so zeigen sich schon große Schwankungen in der Meßgröße. Während in der ersten Gruppe 16-20 Jahre ein Mittelwert von 19.45 cm ermittelt wurde, steigt er über 26 cm bis 28.09 cm in der Altersgruppe 41-50 Jahre, um dann wieder in der Gruppe ab 51 Jahre auf 23.72 abzufallen.

In der 1. Gruppe handelt es sich um jugendliche Patienten, deren körperliches Wachstum noch nicht abgeschlossen ist. Zum anderen führten berufliche Anforderungen, wie gerade bei Handarbeitern noch nicht zu voller Ausbildung insbesondere des Thorax.

Dieser dürfte bei der Altersgruppe 21-40 Jahre erreicht sein.

Dagegen wird der erneuten Zunahme des Thoraxdurchmessers in der Gruppe 41-50 Jahre nicht ein echtes Wachstum zugrunde liegen, sondern es wird sich hier um eine Verbildung im Sinne der Zunahme von Fett und des emphysematischen Thorax handeln.

Die Ursache für den Rückgang in der restlichen Altersgruppe, also über 51 Jahre, wird in der geringeren körperlichen Betätigung, sicher teilweise in der Berufsaufgabe und der erhöhten Anfälligkeit gegen Krankheiten und schließlich im Siechtum zu finden sein, also in einer echten Atrophie des Thorax.

2.) Bei der Gegenüberstellung der männlichen Abmessungen mit den weiblichen treten in den einzelnen Objektdurchmessern erheblich mehr Unterschiede auf. Während bei den Maßen Schulter, Hand, Abdomen oben a.p. und seitl. und Knie seitl. keine reellen Unterschiede gesichert werden konnten, wurden bei Schädel, Hals, Thorax, Abdomen unten in beiden Richtungen und Knie a.p. statistisch signifikante Differenzen nachgewiesen.

Diese Unterschiede müssen hauptsächlich aus der unterschiedlichen Anlage der männlichen und weiblichen Konstitution erklärt werden,

wenn auch beispielsweise die durchschnittliche körperliche Mehrbelastung des Mannes und die daraus resultierende Muskelhypertrophie nicht außer Acht gelassen werden darf.

Deutlich wird dies an zwei Beispielen:

Bei den Messungen des Schädels wurde bei den männlichen Patienten ein Mittelwert von

15.63 cm seitl. und 11.42 cm a.p., bei den weibl. Pat.
14.72 cm " " 10.45 cm " errechnet,

während beim Abdomen unten die Maße

18.55 cm a.p. und 31.48 cm seitl.
19.50 cm " " 32.84 cm " waren.

Nach Sieglbauer beträgt die Kapazität des Hirnschädels beim europäischen Manne im Mittel 15000 cm^3 , beim Weibe 1375 cm^3 . Es müssen also die Schädelmaße beim Manne rein anlagemäßig größer sein als die des Weibes.

Beim Abdomen unten waren die weiblichen Maße im Durchschnitt 0.95 cm a.p. und 1.36 cm seitl. größer als die männlichen.

Diese Differenzen sind wohl durch den unterschiedlichen anatomischen Bau der männlichen und weiblichen Becken hinreichend erklärt. Sicher spielt hierbei auch die verschiedenartige Anlage von Fettpolstern eine Rolle.

3.) Größere Unterschiede stellten sich zwischen den Messungen, die am Institut vorgenommen wurden und denen, die in dem Bekleidungshaus gefunden wurden, heraus.

Während bei Thorax-Umfang und Oberweite sich die Durchschnittswerte noch im Bereich von $92-98 \text{ cm}$ annäherten, lagen sie bei Abdomen-Umfang oben und Bundweite und Abdomen Umfang unten und Gesäßweite weiter auseinander. Im ersten Fall lag das Maximum unserer Werte zwischen 80 und 86 cm , die des Bekleidungshauses zwischen 92 und 98 cm ; im zweiten Fall unsere Werte zwischen 92 und 98 cm , die anderen zwischen 110 und 116 cm .

Um solche Vergleiche richtig beurteilen zu können, werden die gewonnenen Werte am besten nach der Häufigkeitsverteilung verglichen. Dazu trägt man sie auf in ein Summenhäufigkeitsdiagramm mit der transformierten Ordinatenkala nach Gauß ein, wobei die Körperumfänge auf der Abszisse logarithmisch aufgetragen sind. (Siehe Abb. 20 Seite 40). Aus einer solchen Darstellung ist abzulesen:

Da alle Meßpunkte bei dieser Darstellung zwischen 10 und 90 % auf einer Geraden liegen, liegt auch hier eine Normalverteilung vor. Damit ist der höchste zu erwartende Wert ein bestimmtes Vielfaches (Mittelwert $\times c$) und der niedrigste zu erwartende Wert ein bestimmter Bruchteil (Mittelwert : c) des Mittelwertes, wobei c einen für jede Kurve festen Wert darstellt, dessen absolute Größe vom Neigungswinkel zur Abszissenachse und vom Bereich, in dem die Streubreite um den Mittelwert betrachtet wird, z.B. zwischen 2 und 98 % aller Werte abhängt. Da es sich um biologische Werte handelt, ist dieses Verhalten auch sehr wahrscheinlich (Weber-Fechnersches Gesetz).

4.) Die Größe des Neigungswinkels der Kurven zur Abszisse bestimmt die Streubreite der Werte der einzelnen Maße, also die Zahl c = konstant. Die Zahl c ist im hiesigen Fall bei den bei der Bekleidungsindustrie gemessenen Werten etwas kleiner als bei der im Institut durchgeführten Meßreihe, d.h. die Streuung ist bei der Maßkonfektion geringer als bei den Patientenwerten. Dabei ist festzustellen, daß die Unterschiede der Neigungswinkel beim Thoraxumfang am geringsten, beim Hüftumfang starker und beim Gesäßumfang am größten sind.

5.) Die Reihenfolge der Kurven auf der 50 % - Linie von links nach rechts gibt die Reihenfolge vom niedrigsten zum höchsten Mittelwert an. Im vorliegenden Falle ist dabei, wie auch schon vorher gesagt wurde, der Patientenmittelwert etwas niedriger als der Mittelwert des Bekleidungshauses, und zwar ist ebenfalls der Unterschied beim Thorax am geringsten und beim Gesäß am größten.

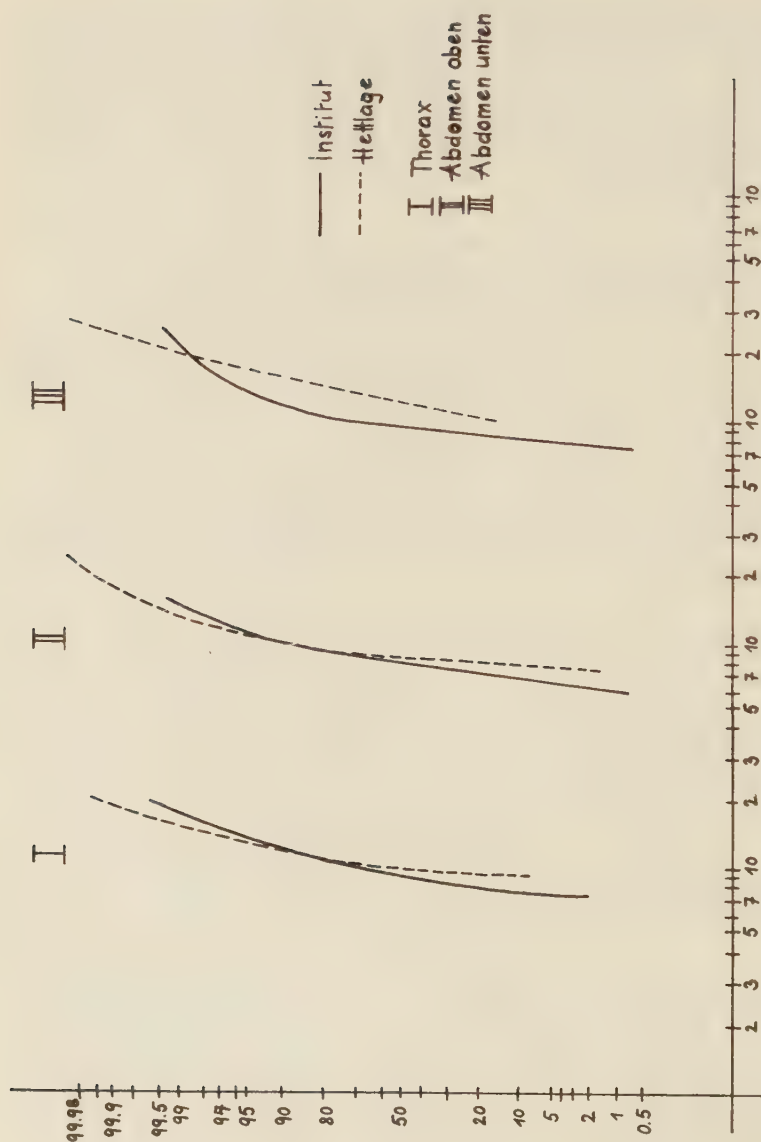


Abb. 20

Als Erklärung für die unterschiedlichen Mittelwerte und Streubreite werden angesehen:

1. die Altersverteilung. Die Altersverteilung des gemessenen Krankengutes erstreckt sich gleichmäßig vom 16. bis etwa 60. Lebensjahres. Bei der Bekleidungsindustrie herrschen jedoch die mittleren Jahrgänge vor. Wenn man beim Thoraxumfang die jüngeren Jahrgänge des Krankengutes unberücksichtigt läßt, kommt man zu annähernd dem gleichen Neigungswinkel der Kurven.

2. unterscheidet sich die Art der Messung in dem Sinne, daß bei den Patienten alle Maße auf der Haut genommen wurden, während in der Bekleidungsindustrie über der Wäsche (Brustumfang über dem Hemd, Bauchumfang über dem Hosenbund und Gesäßumfang über den gefüllten Hosentaschen) gemessen wurde. Dadurch erklärt sich auch die steigende Differenz vom Brust- zum Gesäßumfang.

Wenn man diese Tatsachen berücksichtigt und entsprechende Korrekturen durchführt, kommt man besonders beim Brustumfang zu einer guten Übereinstimmung der Werte.

Es konnten an keinem anderen Ort vergleichbare Werte gefunden werden, so daß wir zur Aufstellung von neuen Normalwerten auf die am Institut ermittelten angewiesen sind.

VIII. Aufstellung von neuen Normalwerten

Objekt	Mittelwert in cm	Schwankungs- breite in cm	Streuung
Schädel a.p.	18.26	0.46	1.1799
Schädel seitl.	15.18	0.40	1.2980
Hals a.p.	10.94	1.30	1.6175
Hals seitl.	10.82	1.29	1.2723
Thorax a.p.	23.35	8.63	12.2864
Thorax seitl.	28.89	9.99	9.2346
(Thorax Umf.)	- -	- -	- -
Schulter	14.48	1.05	2.8626
Abdomen ob. a.p.	19.32	4.33	13.7617
Abdomen ob. seitl.	25.97	3.39	9.7493
(Abdomen ob. Umf.)	- -	- -	- -
Abdomen unt. a.p.	19.03	2.82	8.4664
Abdomen unt. seitl.	32.15	3.59	7.1761
(Abdomen unt. Umf.)	- -	- -	- -
Knie a.p.	10.48	0.76	1.3498
Knie seitl.	10.01	0.35	1.1558
Sprunggel. a.p.	8.31	0.52	0.6524
Sprunggel. seitl.	6.63	0.54	0.5207
Hand	3.36	0.33	0.4437

Abb. 21

Objekt (Schwangere am Ende der Graviditas)	Mittelwert in cm	Schwankungs- breite in cm	Streuung
Umfang	102.80	29.00	27.2753
Abdomen a.p.	24.38	10.00	5.5449
Beckenmessung	32.57	11.00	5.8788

IX. Folgerung

1. Aufgabe dieser Arbeit war es, neben der Aufstellung neuer Normalwerte von Organdurchmessern, deren durchschnittliche Schwankungsbreite zu untersuchen, da diese in den bisher zugänglichen Belichtungstabellen unberücksichtigt blieben. An Hand von Messungen an insgesamt 274 Patienten verschiedener Altersgruppen und beiderlei Geschlechts konnte nachgewiesen werden, daß die Größenvariation der Organe teilweise beträchtlich ist, sich also stark auf den Belichtungsablauf auswirken muss.

Die statistische Untersuchung der gefundenen Werte zeigte, daß alle Werte im Sinne einer Gaußschen Verteilung normal verteilt, bzw. ihr ähnlich verteilt sind. Diese Tatsache läßt die Aussage zu, daß die Schwankungsbreite, die die Differenz des größten und kleinsten Wertes ist, sich harmonisch um den Normal- bzw. Mittelwert verteilt.

2. Beim Vergleich der im Verlauf dieser Arbeit ermittelten Organdurchmessern mit den bisher bekannten Werten aus verschiedenen Belichtungstabellen fallen zum Teil nicht unerhebliche Unterschiede auf. Als Ursache hierfür mag die unterschiedliche Messung mitverantwortlich sein. Während von den Autoren der jeweiligen Belichtungstabellen immer auf einen normal dicken Patienten verwiesen wird, wurde am Institut ein hinreichend exakter Durchschnittswert von 274 Personen jeden Alters, wie sie die tägliche Sprechstunde dem Arzt bietet, ermittelt.

Zum anderen liegt der Gedanke nahe, daß die einmal gefundenen Werte und diese mögen vor langer Zeit ermittelt worden sein, immer wieder in den bekannten Belichtungstabellen verwendet werden, ohne die konstant wachsende Lebenserwartung des Menschen beispielsweise und die damit verbundene Änderung der Körpermaße zu berücksichtigen. Diese Tatsache mag ein Beispiel am Thoraxdurchmesser verdeutlichen:

Der seittl. Durchmesser von 28.89 cm mit einer Schwankungsbreite von 9.99 cm nähert sich sehr den Werten von Janker, Siemens, Mayer-Zakowsky, Schoen, Philips und Picker, die zwischen 28 und 30 cm liegen. Der a.p.-Wert von 23.35 cm mit einer Schwankungs-

breite von 8.63 cm weicht jedoch gegenüber 19-21 cm beträchtlich ab. Neben den schon erwähnten Faktoren der verschiedenartigen Messung, steigender Lebenserwartung spielen sicher auch die laufende Zunahme des Größenwachstums und die sich ändernden Anforderungen an den Körper, sei es beruflicher oder sportlicher Art, eine Rolle.

Der Vergleich der ermittelten Werte auf Grund von Messungen verschiedener Umfangswerte an 274 Patienten mit ähnlichen Messungen der Bekleidungsindustrie, insgesamt 767, ergab eine gute Übereinstimmung. Die gewonnenen Werte können daher als für die Bundesrepublik repräsentativ angesehen werden.

Abschließend kann gesagt werden, daß die in dieser Arbeit ermittelten Werte reelle Normalwerte von Organdurchmessern darstellen.

X. Zusammenfassung

Einleitend wurde auf Grund des Aufbaus der Belichtungswerte für Röntgenaufnahmen die Bedeutung der einzelnen für die Belichtung zu berücksichtigenden Faktoren geschildert. Dabei wurde festgestellt, daß die meisten Belichtungstabellen und Belichtungsrechner von sogenannten Normalpatienten mit bestimmten Organdurchmessern ausgehen, die z.T. von einander unterschiedlich sind. Nur wenige Tabellen berücksichtigen Dickenvariationen. Über die statistische Verteilung von Organdicken, wie sie bei der typischen Röntgenaufnahme vorliegen, wurden im Schrifttum keine Werte gefunden.

Im experimentellen Teil wurde an 274 Patienten im Alter von 16 bis 60 Jahren beiderlei Geschlechts Messungen ausgeführt und statistisch in bezug auf Alter und Geschlecht ausgewertet. Auf Grund der dabei sich ergebenden Normalverteilung konnten dabei Mittelwerte und Schwankungsbreiten ermittelt werden und daraus eine für das am Institut vorliegende Krankengut gültige Tabelle von Normal-

werten aufgestellt werden. Ein Vergleich mit Maßen aus der Bekleidungsindustrie, die an einem viel größeren Personenkreis gewonnen wurden, zeigte, daß trotz der verhältnismäßig kleinen Zahl die ermittelten Werte auch mit dem derzeitigen Bevölkerungsdurchschnitt statistisch übereinstimmen und daher als repräsentativ angesehen werden können.

Herrn Privatdozenten Dr. med. F.E. Stieve, wissenschaftlicher Oberassistent des Instituts und Poliklinik für Physikalische Therapie und Röntgenologie der Universität München, bin ich für die liebenswürdige Überlassung des Themas und die Übernahme des Referates zu großem Dank verpflichtet.

Für Anregungen, Unterstützung und Beratung, die mir bei der Durchführung dieser Arbeit zuteil wurden, schulde ich Herrn Dr. med. F.E. Stieve und Fräulein Wiedemann besonderen Dank.

Herrn Weichmann danke ich für seine wertvolle praktische Beratung bei der umfangreichen rechnerischen Auswertung der Messungen.

Den technischen Assistentinnen Frau M. Vogel und Frau G. Hahn sei für die gewissenhafte Durchführung der Messungen gedankt.

Für die freundliche Überlassung der Maßgrößen aus der Herrenmaßabteilung danke ich dem Münchner Bekleidungs-
haus Hettlage G.m.b.H.

Schrifttum

1. Antoine, B.: Posemètre radiologique (Röntgen-Belichtungsmesser) - J. de Radiol. 34 (1953) 234 - 235
2. Bauer, K.: ABC der Röntgentechnik
Georg-Thieme-Verlag, Leipzig 1948
3. Bossi, R.: Regolo calcolatore dei fattori delle' esposizione radiologica (Röntgen-Belichtungsrechner) Radiol.med. 42 (1956) 8 : 814 - 825
4. Eschbach, H.: Röntgentaschenbuch für technische Assistentinnen, Schwestern und Ärzte.
Georg-Thieme-Verlag, Leipzig 1957
5. Franke, H.: Über die Eignung verschiedener Belichtungsschemen zur Ermittlung optimaler Aufnahmebedingungen. - Röntgenpraxis 1 (1929) 296
6. Franke, H.: Der Belichtungsautomat
Fortschr. Röntgenstr. 42 (1930) 153
7. Franke, H.: Die automatische Belichtung der Röntgenaufnahmen. Röntgen-Bl. 1 (1948) 60
8. Janker, R.: Röntgen-Aufnahmetechnik I. Teil
Joh. Barth-Verlag Leipzig 1951
9. Kautzky, A.: Zur Standardisierung der Röntgenaufnahme-technik. Fortschr. Röntgenstr. 87 (1957) 405 - 409
10. Krogman, W.M.: Growst of Man
11. Linder, A.: Statistische Methoden
Basel 1951
12. Meyer-Zakowsky: Anordnung der normalisierten Röntgenaufnahmen. Verlag Urban und Schwarzenberg
1950 Wien.

13. Siemens-Reiniger-Werke AG. - Taschenkalender
14. Schoen, H.: Medizinische Röntgentechnik
Georg-Thieme-Verlag, Stuttgart 1952
15. Vlugt, PH.: F.K. Mitteilungen. Belichtungs-Tabellen
Super DLX-Diagnostik Juli 57, September 57
16. Wahl, F.A.: Die Röntgenstrahlen in der Geburtshilfe
Georg-Thieme-Verlag, Stuttgart 1943
17. Weber, L.: Grundriß der biologischen Statistik
Jena 1957
18. Zieler, E.: Wie ändern sich die Belichtungsdaten
von Röntgenaufnahmen mit Spannungsform
und Spannungshöhe
Röntgen-Bl. 8 (1954) 292 - 298
19. Zieler, E.: Äquivalente Aufnahmebedingungen in der
Röntgen-Diagnostik
Acta Radiologica Vol. 43 (1955) 394 - 408.

Lebenslauf

Mein Name ist Hannes Seiler. Am 27. April 1933 wurde ich als Sohn des Diplom Kaufmanns Fritz Seiler und seiner Ehefrau Elisabeth, geb. Gossen, in Dresden geboren.

Von 1939 bis 1943 besuchte ich in München die Volksschule und trat nach Abschluß der 4. Klasse in das Wittelsbacher Gymnasium in München ein. Durch Kriegseinflüsse bedingt, zog ich noch im gleichen Jahr nach Erlangen, wo ich die Ohm-Oberrealschule besuchte. An dieser Schule legte ich im Jahre 1952 die Reifeprüfung ab.

Im Winterhalbjahr 1952/53 immatrikulierte ich mich an der Humanmedizinischen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität in München und legte dort im Frühjahr 1956 die Ärztliche Vorprüfung ab. Im gleichen Jahr heiratete ich meine Frau Friedelore, Tochter des Diplom Ingenieurs und Dr. med. Albert Marcus.

Im Frühjahr 1959 schloß ich in München mein Studium mit dem medizinischen Staatsexamen ab. Seither arbeite ich als Medizinalassistent an Münchner Krankenhäusern.

